

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-250596

(43)Date of publication of application : 27.09.1996

(51)Int.Cl.

H01L 21/768  
H01L 21/28  
H01L 21/3205

(21)Application number : 08-070955

(71)Applicant : HYUNDAI ELECTRON IND CO LTD

(22)Date of filing : 04.03.1996

(72)Inventor : GYUNG-SU CHO

(30)Priority

Priority number : 95 9504447 Priority date : 04.03.1995 Priority country : KR

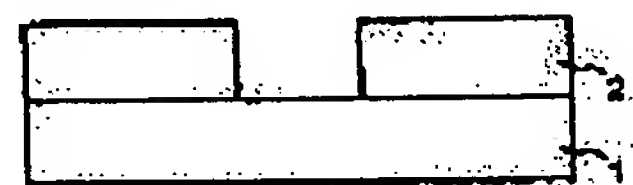
## (54) METAL INTERCONNECT FORMATION METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

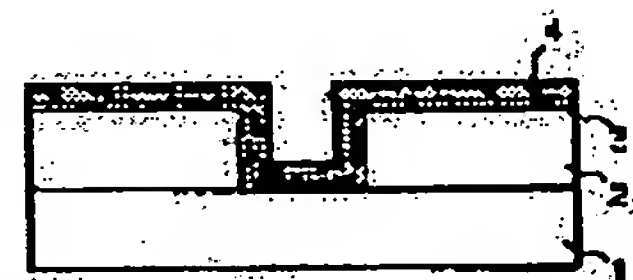
PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the step coverage of a diffusion prevention film and to reduce resistance inside the diffusion prevention film and the particle of the diffusion prevention film, for example, by heat-treating a titanium nitride film in a nitrogen atmosphere and having a phase transformation performed to the titanium nitride film in three-layer structure in which nitrogen content differs from a phase.

SOLUTION: An insulation film 2 is formed on a semiconductor substrate 1 including an active region, and a contact hole is formed at a specific site of the upper part of the semiconductor substrate 1 where the insulation film 2 is formed. Then, a titanium film 3 and a titanium nitride film 4 are successively formed with a specific thickness at the insulation film 2 containing the contact hole. Then, the titanium nitride film 4 is heat-treated in a nitrogen atmosphere and is subjected to phase transformation to titanium nitride films 5-7 in three-layer structure, in which nitrogen content and phase differ, and then a metal interconnect 8 for electrically connecting the contact hole part is formed. For example, the metal interconnect 8 is formed by aluminum or copper, and an arc film 9 for preventing reflection is formed prior to the pattern formation process.

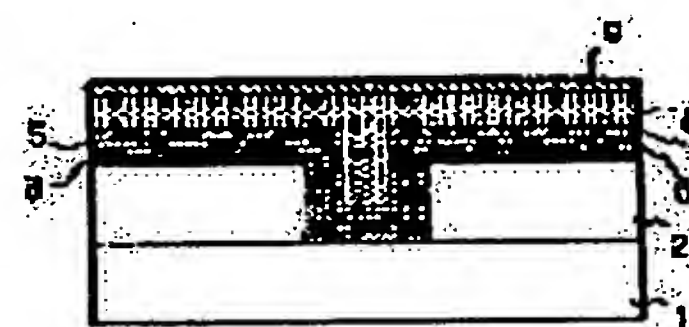
(a)



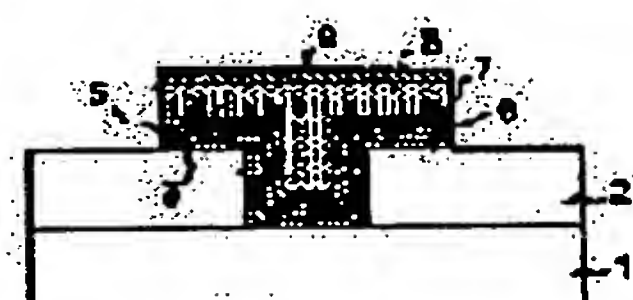
(b)



(c)



(d)



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.03.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 18.07.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] An active region On the included semi-conductor substrate, an insulator layer The process which carries out sequential formation of the titanium film and the titanium nitride by predetermined thickness at an insulator layer including the process; above-mentioned contact hole which forms a contact hole in the predetermined part of the semi-conductor substrate upper part in which the process; above-mentioned insulator layer to form was formed; The above-mentioned titanium nitride is heat-treated in nitrogen-gas-atmosphere mind. The process which carries out phase transition to the titanium nitride of 3 layer structures from which a nitrogen content and a phase differ mutually; the metal wiring formation approach of the semiconductor device characterized by including the process which forms metal wiring with which the above-mentioned contact hole part is made to connect electrically.

[Claim 2] The above-mentioned titanium film is  $\text{TiCl}_4$ .  $\text{NH}_3$  The metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 1 characterized by being formed by the chemistry gaseous-phase vacuum deposition by the reaction.

[Claim 3] The above-mentioned titanium nitride is the metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 1 characterized by being formed of the pyrolysis of tetra-dimethylamino titanium.

[Claim 4] The above-mentioned titanium nitride is the metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 1 characterized by being formed of the pyrolysis of tetra-diethylamino titanium.

[Claim 5] The above-mentioned titanium nitride is the metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 3 or 4 characterized by being formed on condition that the pressure of 300 thru/or the temperature of 500 degrees C, 5, or 10mTorr(s).

[Claim 6] Heat treatment for the phase transition of the above-mentioned titanium nitride is the metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 1 characterized by 30 thru/or carrying out for 60 minutes in 400 thru/or a 600-degree C temperature requirement in nitrogen-gas-atmosphere mind.

[Claim 7] Heat treatment for the phase transition of the above-mentioned titanium nitride is the metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 1 characterized by 10 thru/or carrying out for 30 seconds in 700 thru/or a 900-degree C temperature requirement in nitrogen-gas-atmosphere mind.

[Claim 8] The above-mentioned metal wiring is the metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 1 characterized by being formed with aluminum or copper.

[Claim 9] The metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 8 characterized by including the process which forms the arc thin film for preventing reflection by the aluminum film or the copper film before the pattern formation process of the aluminum film for the above-mentioned metal wiring formation, or a copper film.

[Claim 10] The above-mentioned arc thin film is the metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 9 characterized by being the titanium film.

[Claim 11] The above-mentioned titanium film is the metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 10 characterized by being formed of the pyrolysis of tetra-dimethylamino titanium.

[Claim 12] The above-mentioned titanium film is the metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 10 characterized by being formed of the pyrolysis of tetra-diethylamino titanium.

[Claim 13] The temperature requirement of the above-mentioned pyrolysis is the metal wiring formation approach of the semiconductor device according to claim 11 or 12 characterized by being 300 thru/or 450 degrees C.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the formation approach of metal wiring containing the metal layer for diffusion prevention about the formation approach of a semiconductor device.

[0002]

[Description of the Prior Art] By the degree of integration of a semiconductor device increasing in recent years, the wiring design is performed easily freely and the research on the metal wiring technique which can free wiring resistance, current capacity, etc. is active. Generally, the aluminum which has low resistance as an ingredient of metal wiring of a semiconductor device is used widely. Since the width of face is made detailed when the degree of integration of equipment increases, current density will increase such aluminum wiring. The increment in current density will wake up the defect of wiring by migration of an electronic transition, scattered reflection, and stress, and this generated the trouble of reducing the dependability of a semiconductor device as a result.

[0003] although the open circuit of metal wiring was able to be prevented by carrying out the laminating of copper (Cu) or the titanium (Ti) film on the aluminum wiring film conventionally, and decreasing an electronic transition and migration of stress in order to solve the above-mentioned trouble -- phenomena, such as a hillock (hillock) and a whisker (whisker), -- generating -- both wiring -- problems, such as short and insulator layer destruction, occurred. Drawing 2 is a sectional view in the condition of having formed metal wiring, after forming the diffusion prevention film, in order to be based on the conventional example and to solve troubles, such as a hillock and a whisker, with the metal wiring formation process of a semiconductor device.

[0004] As shown in drawing 2, this approach forms a contact hole in the predetermined part of an insulator layer 2 first, after forming an insulator layer 2 on the semi-conductor substrate 1. It is etched in the depth to which, as for a contact hole, the front face of the lower semi-conductor substrate 1 is exposed in the phase which forms a contact hole. And the laminating of the titanium film 3 and the titanium nitride 4 is carried out one by one with physical gaseous-phase vacuum deposition (PVD: physical vapor deposition) as diffusion prevention film all over the structure which includes a contact hole in the predetermined part in an insulator layer 2. Then, the metal layer 8 is formed in the upper part of the titanium nitride 4.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when current high integration progressed, the magnitude of a contact hole will decrease and the level difference of a contact hole will increase relatively in proportion to this. Therefore, when step GABAREJI (step coverage) decreased, the diffusion prevention film was not able to vapor-deposit to homogeneity at the contact hole lower part, when the laminating of the diffusion prevention film is carried out with physical gaseous-phase vacuum deposition as mentioned above and metal wiring is formed, but the thickness of a metal layer increased further, the shadow effect (shadow effect) increased to a part for the corner of the contact hole upper part, and execution of a consecutiveness process became impossible.

[0006] in order [ moreover, ] to improve the step coverage of the diffusion prevention film -- chemistry gaseous-phase vacuum deposition -- using it --  $\text{TiCl}_4$   $\text{NH}_3$  etc. -- when making it react, there was a trouble that particle (particle) occurred and the yield fall of a component and the dependability of



equipment fell into the titanium film and a titanium nitride. Moreover, there was a trouble that resistance inside a titanium nitride increased at the time of vacuum evaporation of the above-mentioned titanium nitride, and the electrical conduction speed of equipment fell at it since the phase of a titanium nitride is amorphous. Therefore, it is in offering the metal wiring formation approach of the semiconductor device which can improve the yield and dependability of a semiconductor device by the purpose of this invention raising the step coverage of the diffusion prevention film, and decreasing the resistance inside the diffusion prevention film, and the particle of the diffusion prevention film.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the purpose of above-mentioned this invention, the approach of this invention carries out sequential formation of the titanium film and the titanium nitride by predetermined thickness with chemistry gaseous-phase vacuum deposition all over the insulator layer which includes a contact hole after forming a contact hole in the predetermined part on the semiconductor substrate with which the insulator layer was formed first, and it heat-treats the formed titanium nitride in nitrogen-gas-atmosphere mind after that, and it is made it to carry out phase transition to the titanium nitride of 3 layer structures from which a nitrogen content and a phase differ. Then, metal wiring with which a contact hole part is made to connect electrically is formed. This invention can also include the process which vapor-deposits an arc thin film, after forming the above-mentioned metal wiring.

[0008]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the desirable operation gestalt of this invention is explained with reference to an accompanying drawing. (a) of drawing 1 thru/or (d) are the sectional views showing the process which forms metal wiring according to the example of this invention. First, as shown in (a) of drawing 1, an insulator layer 2 is vapor-deposited in the upper part of the semi-conductor substrate 1 including an active region, and a contact hole is formed in the predetermined part of an insulator layer 2 by the photolithography method. It is etched and, as for a contact hole, the predetermined part of an insulator layer 2 is formed until the front face of the semi-conductor substrate 1 is exposed.

[0009] Then, as shown in (b) of drawing 1, the titanium film is vapor-deposited all over above-mentioned interior of contact hole, and insulator layer 2. The above-mentioned titanium film 3 is  $TiCl_4$ ,  $NH_3$  Or  $NF_3$  By the reaction, it forms with chemistry gaseous-phase vacuum deposition (CVP), and it is formed sufficiently thinly so that the configuration of a contact hole is maintainable. The above-mentioned chemistry gaseous-phase vacuum deposition is the vacuum evaporation approach for raising the step coverage inside a contact hole. Then, the titanium nitride 4 is formed in the titanium film 3 above-mentioned upper part. Here, the titanium nitride 4 is tetra-dimethylamino titanium ( $Ti_4(N(CH_3)_2)_4$ ) or tetra-diethylamino titanium (the distributed gas for being vapor-deposited by chemistry gaseous-phase vacuum deposition by using only  $Ti(N(C_2H_5)_2)_4$  as a raw material, and forming the titanium nitride 4 is nitrogen and/or helium.) in order to suppress particle generating. Moreover, although temperature is made into 300 thru/or 500 degrees C and a pressure is adjusted in the range of 5 thru/or 10mTorr(s) at the time of vacuum evaporation of the above-mentioned titanium nitride, the membraneous quality formed at this time is an amorphous phase.

[0010] next, the semi-conductor substrate with which the layer of the above conditions was formed -- the inside of nitrogen-gas-atmosphere mind -- a temperature requirement (400 thru/or 600 degrees C) -- 30 minutes -- or it heat-treated for 60 minutes. The above-mentioned titanium nitride 4 is divided into three titanium nitrides from which physical properties differ by this heat treatment. That is, as shown in drawing 1 (c), it is divided into the amorphous 1st titanium nitride 5, the 2nd titanium nitride 6 of the middle class's crystalline substance, and the 3rd titanium nitride 7 of the abundant crystalline substances of nitrogen from a lower layer. moreover, instead of [ of the above-mentioned heat treatment ] -- RTP (rapid thermal process) -- in using law, it makes a temperature requirement into 700 thru/or 900 degrees C, and 10 thru/or heat treatment between 30 seconds are performed.

[0011] Although resistance is very high since the single titanium nitride 4 shown in (b) of drawing 1 is amorphous, the single titanium nitride 4 can decrease the internal resistance of a titanium nitride by carrying out phase transition to the titanium nitride of three layers from which each physical properties differ by heat treatment on the above conditions. Then, as shown in (c) of drawing 1, copper, aluminum, or these alloys are vapor-deposited all over the above-mentioned diffusion prevention film (titanium nitride) with the usual physical gaseous-phase vacuum deposition, and the metal layer 8 is formed. Then, the arc thin film (arc-metal layer) 9 is vapor-deposited on the metal layer 8. The above-mentioned arc thin film 9

is vapor-deposited by chemistry gaseous-phase vacuum deposition. This arc thin film 9 carries out the role which interrupts the reflected light from a metal circuit pattern, when the photoresist film for metal circuit pattern formation is exposed. As a raw material of the arc thin film 9, it is tetra-dimethylamino titanium or tetra-diethylamino titanium, and vacuum evaporation temperature is 300 thru/or 450 degrees C. The formation process of the arc thin film 9 can also be skipped by the case.

[0012] Then, as shown in (d) of drawing 1, the above-mentioned metal layer (3, 5, 6, 7, 8, 9) is patternized, and a metal circuit pattern is formed. Although the metal layer 8 described with the above-mentioned operation gestalt was formed with the alloy of copper and aluminum, it is also possible to substitute a conductive high metal like DANGU stainless steel. As the above desirable operation gestalt explained to the detail, this invention is set at a metal wiring process. As diffusion prevention film, the titanium nitride formed on the titanium film is formed using the pyrolysis of the raw material containing titanium and nitrogen. By carrying out phase transition to 3 layer structures from which the titanium nitride of this monolayer is heat-treated in nitrogen-gas-atmosphere mind, and a property differs, step coverage can be raised, the electric resistance of a titanium nitride can be decreased, and particle generation can be decreased.

[0013]

[Effect of the Invention] This brings about the effectiveness of improving the yield and dependability of equipment as a result, and raising a signal transduction rate. Although the drawing was attached and explained about the specific implementation gestalt of above-mentioned this invention, correction about this and deformation can be carried out by this contractor. Therefore, a claim can be understood to be a thing including all corrections and deformation as long as it belongs to the thought and the range of this invention.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-250596

(43)公開日 平成8年(1996)9月27日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/768		H 0 1 L 21/90	D
	21/28	3 0 1	21/28	3 0 1 R
	21/3205		21/88	R
			21/90	C

審査請求 有 請求項の数13 F D (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平8-70955

(22)出願日 平成8年(1996)3月4日

(31)優先権主張番号 1 9 9 5 - 4 4 4 7

(32)優先日 1995年3月4日

(33)優先権主張国 韓国 (K R)

(71)出願人 595167650

ヒョンデ エレクトロニクス インダスト  
リーズ カンパニーリミテッド  
大韓民国 キョンキ道 イチョン郡 プバ  
ルーウプ, アミーリ, サン 136-1

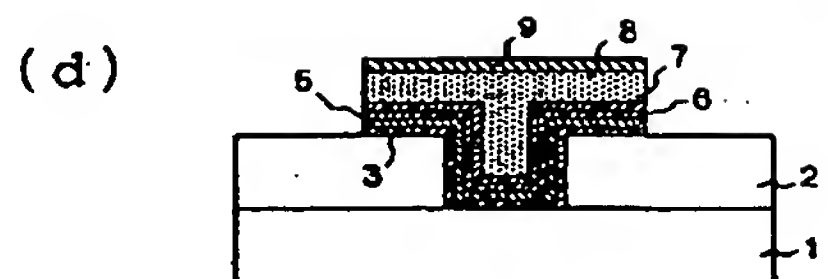
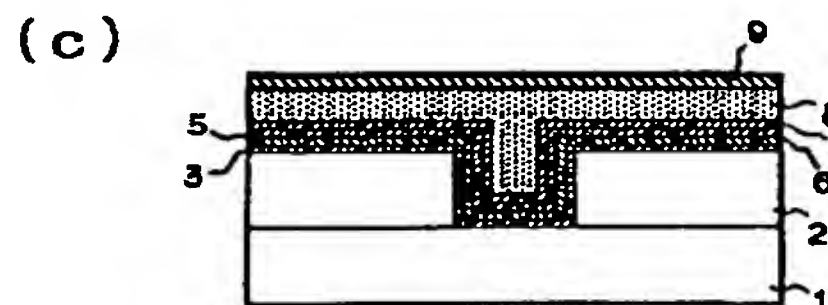
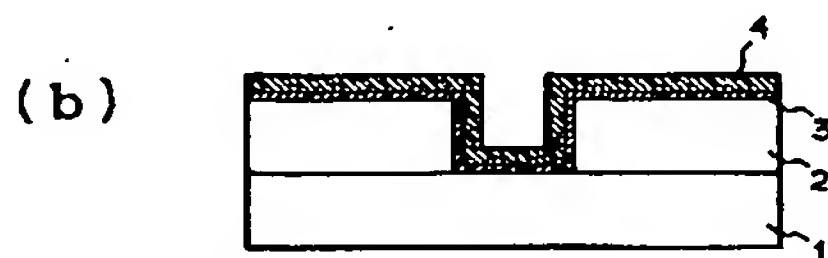
(72)発明者 チョ ギョン スウ

大韓民国 キョンキ道 イチョン郡 イチ  
ョンウプ, シンハリ コピョンアパート  
102-1203

(74)代理人 弁理士 佐藤 英昭

(54)【発明の名称】 半導体装置の金属配線形成方法

(57)【要約】

【課題】 拡散防止膜のステップカバレッジを向上し、  
パーティクルを減少して、歩留りと信頼性を上げる。【解決手段】 絶縁膜が形成された半導体基板上部の所  
定の部位にコンタクトホールを形成した後、コンタクト  
ホールを含んだ絶縁膜全面にチタニウムとチタニウム窒  
化膜とを化学気相蒸着法により所定厚さで形成する。そ  
の後、形成されたチタニウム窒化膜を窒素雰囲気中で所  
定温度、所定時間で熱処理して窒素含有量と相の異なる  
三層のチタニウム窒化膜に相転移する。その後、コンタ  
クトホール部分を電氣的に連結させる金属配線を形成す  
る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性領域を含む半導体基板上に絶縁膜を形成する工程；上記絶縁膜が形成された半導体基板上部の所定の部位にコンタクトホールを形成する工程；上記コンタクトホールを含む絶縁膜にチタニウム膜とチタニウム窒化膜を所定厚さで順次形成する工程；上記チタニウム窒化膜を窒素雰囲気中で熱処理して窒素含有量と相が互いに異なる三層構造のチタニウム窒化膜に相転移させる工程；上記コンタクトホール部分を電気的に連結させる金属配線を形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項2】 上記チタニウム膜はTiCl<sub>4</sub>とNH<sub>3</sub>との反応による化学気相蒸着法により形成されることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項3】 上記チタニウム窒化膜はテトラジメチルアミノチタニウムの熱分解により形成されることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項4】 上記チタニウム窒化膜はテトラジエチルアミノチタニウムの熱分解により形成されることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項5】 上記チタニウム窒化膜は300乃至500℃の温度、5乃至10mTorrの圧力の条件で形成されることを特徴とする請求項3又は4記載の半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項6】 上記チタニウム窒化膜の相転移のための熱処理は窒素雰囲気中で、400乃至600℃の温度範囲で30乃至60分の間行うことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項7】 上記チタニウム窒化膜の相転移のための熱処理は窒素雰囲気中で700乃至900℃の温度範囲で10乃至30秒の間行うことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項8】 上記金属配線はアルミニウム又は銅で形成されたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項9】 上記金属配線形成のためのアルミニウム膜又は銅膜のパターン形成工程前に、アルミニウム膜又は銅膜による反射を防止するためのアーク薄膜を形成する工程を含むことを特徴とする請求項8記載の半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項10】 上記アーク薄膜はチタニウム膜であることを特徴とする請求項9記載の半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項11】 上記チタニウム膜はテトラジメチルアミノチタニウムの熱分解により形成されることを特徴とする請求項10記載の半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項12】 上記チタニウム膜はテトラジエチルアミノチタニウムの熱分解により形成されることを特徴とする請求項10記載の半導体装置の金属配線形成方法。

【請求項13】 上記熱分解の温度範囲は300乃至450℃であることを特徴とする請求項11又は12記載の半導体装置の金属配線形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体装置の形成方法に関し、特に拡散防止用金属層を含む金属配線の形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体装置の集積度が増加することにより配線設計が自由に容易に行われており、配線抵抗及び電流容量等を自由にできる金属配線技術に関する研究が活発になっている。一般に、半導体装置の金属配線の材料としては低抵抗を有するアルミニウムが広く利用されている。このようなアルミニウム配線は装置の集積度が増加することによりその幅が微細化されるため、電流密度が増加することになる。電流密度の増加は電子移動、乱反射及びストレスの移動による配線の不良を起こすことになり、これは結果的に半導体素子の信頼性を低下させるという問題点を発生した。

【0003】上記の問題点を解決するために従来アルミニウム配線膜上に銅(Cu)又はチタニウム(Ti)膜等を積層して電子移動及びストレスの移動を減少させることで、金属配線の断線を防止することができたが、ヒロック(hillock)及びウィスカ(whisker)等の現象が発生して配線の相互ショート及び絶縁膜破壊等の問題が発生した。図2は従来の実施例によるもので、半導体素子の金属配線形成工程でヒロック及びウィスカ等の問題点を解決するために拡散防止膜を形成した後金属配線を形成した状態の断面図である。

【0004】この方法は図2に示すように、先ず、半導体基板1上に絶縁膜2を形成した後、絶縁膜2の所定の部位にコンタクトホールを形成する。コンタクトホールを形成する段階でコンタクトホールは下部の半導体基板1の表面が露出される深さで食刻される。そして、絶縁膜2内の所定部分にコンタクトホールを含む構造物全面に拡散防止膜としてチタニウム膜3とチタニウム窒化膜4とを物理的気相蒸着法(PVD: physical vapor deposition)により順次積層する。その後、チタニウム窒化膜4の上部に金属層8を形成する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、現在高集積化が進んだことにより、コンタクトホールの大きさが減少し、これに比例してコンタクトホールの段差が相対的に増加することになった。従って、上記のように拡散防止膜を物理的気相蒸着法により積層して金属配線を形成する場合、ステップカバレッジ(step coverage)が減少して拡散防止膜がコンタクトホール下部に均一に蒸着できず、更に金属層の厚さが増加した場合に

コンタクトホール上部の角部分に陰影効果 (shadow effect) が増加して後続工程の遂行が不可能となった。

【0006】又、拡散防止膜のステップカバレッジを向上するために化学気相蒸着法を使用して  $TiCl_4$  を  $NH_3$  等と反応させる場合、チタニウム膜とチタニウム窒化膜内にパーティクル (particle) が発生して素子の歩留り低下及び装置の信頼性が低下するという問題点があった。又、上記チタニウム窒化膜の蒸着時にチタニウム窒化膜の相が非晶質であるためにチタニウム窒化膜の内部の抵抗が増加して装置の電導スピードが落ちるという問題点があった。従って、本発明の目的は拡散防止膜のステップカバレッジを向上させ、拡散防止膜内部の抵抗及び拡散防止膜のパーティクルを減少させることにより、半導体装置の歩留り及び信頼性を向上することのできる半導体装置の金属配線形成方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の本発明の目的を達成するために、本発明の方法は、先ず、絶縁膜が形成された半導体基板上の所定部位にコンタクトホールを形成した後、コンタクトホールを含む絶縁膜全面にチタニウム膜とチタニウム窒化膜とを化学気相蒸着法により所定厚さで順次形成し、その後、形成されたチタニウム窒化膜を窒素雰囲気中で熱処理して、窒素含有量と相とが異なる三層構造のチタニウム窒化膜に相転移させる。その後、コンタクトホール部分を電気的に連結させる金属配線を形成する。本発明は上記金属配線を形成した後、アーク薄膜を蒸着する工程を含むことも可能である。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の好ましい実施形態を説明する。図1の(a)乃至(d)は、本発明の実施例により金属配線を形成する工程を示す断面図である。先ず、図1の(a)に示すように、活性領域を含む半導体基板1の上部に絶縁膜2を蒸着し、フォトリソグラフィ法により絶縁膜2の所定部分にコンタクトホールが形成される。コンタクトホールは絶縁膜2の所定部分が半導体基板1の表面が露出されるまで食刻されて形成される。

【0009】その後、図1の(b)に示すように、上記コンタクトホール内部及び絶縁膜2全面にチタニウム膜を蒸着する。上記チタニウム膜3は  $TiCl_4$  と  $NH_3$ 、または  $NF_3$  との反応により化学気相蒸着法 (CVP) により形成し、それはコンタクトホールの形状を維持できるほどに充分薄く形成する。上記化学気相蒸着法はコンタクトホール内部のステップカバレッジを向上させるための蒸着方法である。その後、上記チタニウム膜3上部にチタニウム窒化膜4を形成する。ここで、チタニウム窒化膜4はパーティクル発生を抑えるためにテトラジメチルアミノチタニウム ( $Ti(N(CH_3)_2)_4$ )

又はテトラジエチルアミノチタニウム ( $Ti(N(C_2H_5)_2)_4$ ) だけを原料として化学気相蒸着法により蒸着され、チタニウム窒化膜4を形成するための供給ガスは窒素及び/又はヘリウムである。又、上記チタニウム窒化膜の蒸着時、温度は300乃至500℃にし、圧力は5乃至10mTorrの範囲で調節するが、この時に形成される膜質は非晶質相である。

【0010】次に、上記のような状態の層が形成された半導体基板を窒素雰囲気中で400乃至600℃の温度範囲で30分乃至60分の間熱処理した。この熱処理により上記チタニウム窒化膜4は物性が異なる3つのチタニウム窒化膜に分かれる。即ち、図1(c)に示すように、下部層から非晶質の第1チタニウム窒化膜5、中間層の結晶質の第2チタニウム窒化膜6及び窒素の豊富な結晶質の第3チタニウム窒化膜7とに分かれる。又、上記熱処理の代わりにRTP (rapid thermal process) 法を利用する場合には温度範囲を700乃至900℃にし、10乃至30秒の間熱処理を施す。

【0011】図1の(b)に示した単一のチタニウム窒化膜4は非晶質であるために抵抗が非常に高いが、単一チタニウム窒化膜4が上記のような条件で熱処理により各々の物性の異なる三層のチタニウム窒化膜に相転移させることで、チタニウム窒化膜の内部抵抗を減少することができる。続いて、図1の(c)に示すように、銅、アルミニウムまたはこれらの合金を通常の物理的気相蒸着法により上記の拡散防止膜 (チタニウム窒化膜) の全面に蒸着して金属層8を形成する。その後、金属層8の上にアーク薄膜 (arc-metal layer) 9を蒸着する。上記アーク薄膜9は化学気相蒸着法により蒸着される。このアーク薄膜9は、金属配線パターン形成用フォトリソ膜が露光されたとき、金属配線パターンからの反射光を遮る役をする。アーク薄膜9の原料としてはテトラジメチルアミノチタニウム又はテトラジエチルアミノチタニウムであり、蒸着温度は300乃至450℃である。アーク薄膜9の形成工程は場合によって省略することもできる。

【0012】その後、図1の(d)に示すように、上記金属層 (3、5、6、7、8、9) をパターン化して金属配線パターンを形成する。上記の実施形態で記述した金属層8は銅、アルミニウムの合金で形成されたが、ダングステンのように電導性の高い金属に代替することも可能である。以上の好ましい実施形態で詳細に説明したように、本発明は金属配線工程において、拡散防止膜として、チタニウム膜の上に形成するチタニウム窒化膜をチタニウムと窒素とを含む原料の熱分解を利用して形成し、この単層のチタニウム窒化膜を窒素雰囲気中で熱処理して特性の異なる三層構造に相転移させることにより、ステップカバレッジを向上させ、チタニウム窒化膜の電気抵抗を減少し、パーティクル生成を減少すること

ができる。

【0013】

【発明の効果】これは結果的に装置の歩留りと信頼性を向上し、信号伝達速度を向上させるという効果をもたらす。上記した本発明の特定実施形態について図面を添付して説明したが、当業者によりこれについての修正及び変形をすることができる。従って、特許請求の範囲は本発明の思想と範囲に属する限り全ての修正と変形を含むものと理解することができる。

【図面の簡単な説明】

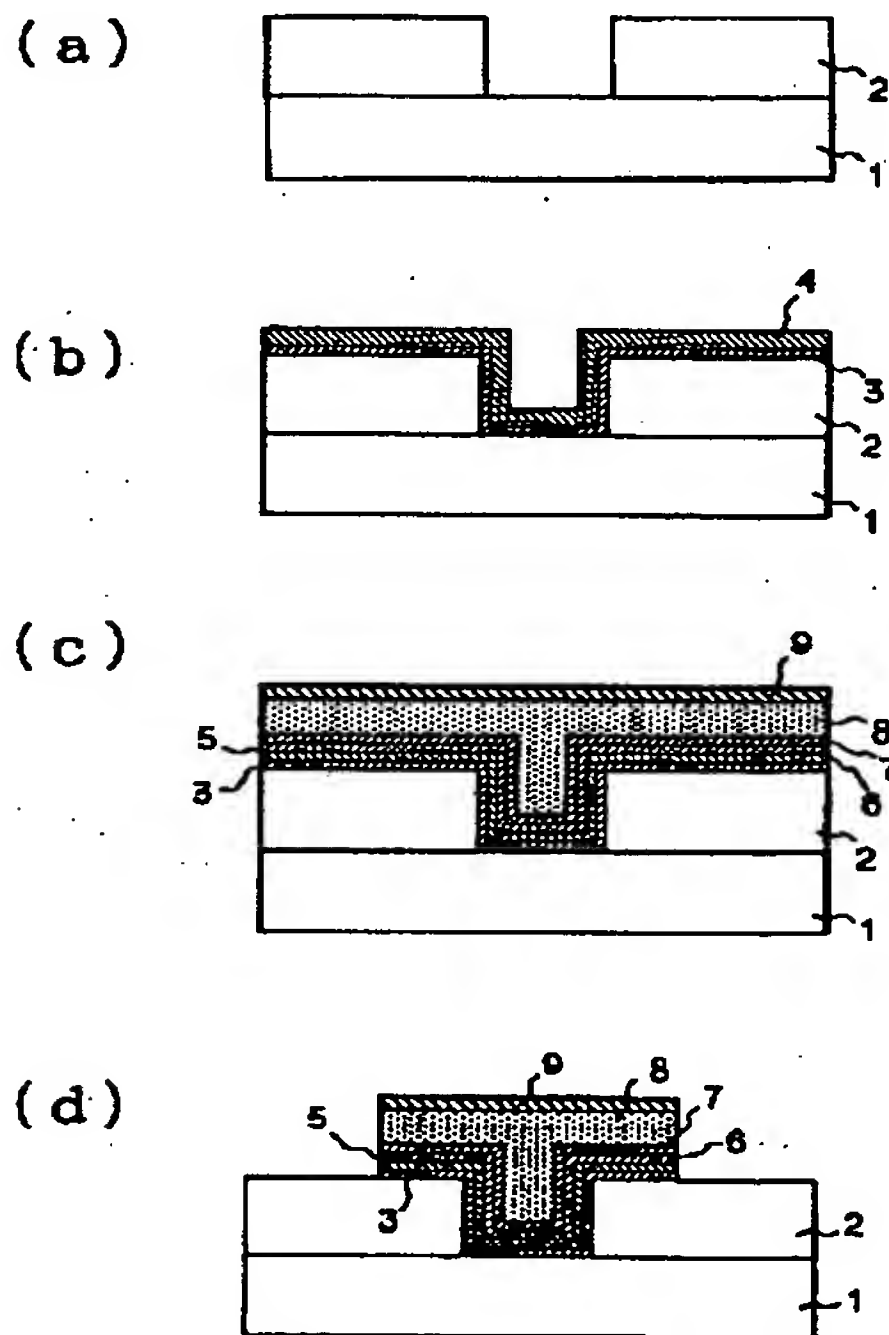
【図1】(a)乃至(d)は本発明の実施形態により金属配線を形成する工程を示す断面図である。

\*【図2】従来の金属配線を形成する方法を説明するための半導体装置の断面図である。

【符号の説明】

- 1 半導体基板
- 2 絶縁膜
- 3 チタニウム膜
- 4 チタニウム窒化膜
- 5 第1チタニウム窒化膜
- 6 第2チタニウム窒化膜
- 7 第3チタニウム窒化膜
- 8 金属層
- 9 アーク薄膜

【図1】



【図2】

